

TA—1型多通道温度数据采集系统的研制*

方建安 杨坤玺

(中国科学院南京土壤研究所)

摘 要

本文叙述了PN结温度传感器的原理与结构,TA—1型多通道温度数据采集系统的组成与应用程序。本系统能长期连续地运行,测定结果稳定可靠。凡多点温度检测的场合均可应用,通道的多少可根据实际需要加以扩展。

温度是影响土壤肥力和作物生长的重要因素,通常使用玻璃温度计或半导体温度计定时由人工逐点读取原位原态的温度值,也有用多点自动记录仪打印各个温度传感器原位和原态的温度变化曲线。前者比较麻烦和费时,而后者不能直观地读出各传感器的温度值。所以目前原位和原态测定土壤和植株温度的方法还不够理想。为了实现土壤原位和原态分层温度的计算机数据采集,我们研制了TA—1型多通道温度数据采集系统,以便对土壤温度的动态进行观察和研究。本系统也可以用于水体温度、大气温度和粮仓温度等多通道定时巡回检测。系统具有及时、多点、直观和自动定时采集以及记录原位原态温度的优点。

一、传感器的原理与制作

PN结型温度传感器是利用半导体正向电压 V_{be} 随温度 T 变化的原理制作而成的。

半导体PN结正向电压 V_{be} 与正向电流 I 的关系为:

$$I = \frac{BT^r}{\eta} e^{-qV_g/kT} (e^{qV_{be}/kT} - 1) \quad (1)$$

式(1)中: B 为与基极宽度有关的常数; T 为绝对温度; r 为常数,对NPN管子取 1.5; η 为电离系数,通常取 1 (低温时,此值稍有变化); q 为电子电荷量; V_{g0} 为PN结接触电位差; k 为玻尔兹曼常数。

若 $e^{qV_{be}/kT} \gg 1$, $\eta = 1$, 上式可以简化为:

$$I = BT^r e^{q(V_{be} - V_{g0})/kT} \quad (2)$$

$$\text{若对式(2)两边取对数,则, } V_{be} = \frac{k}{q} (\ln I - \ln B - r \ln T) T + V_{g0} \quad (3)$$

由于 $|\ln I| \gg |r \ln T|$, 故 $V_{be} = AT + V_{g0}$

式(4)中, $A = \frac{k}{q} (\ln I - \ln B)$; 它是一个负值。

由此可以看出,当正向电流 I 保持不变时,PN结正向电压 V_{be} 与温度呈线性关系。温度

*本系统为渗水计(lysimeter)分层温度数据采集而研制。

每变化 1 °C, PN结正向电压减小约 2 mV, 而且在 -100 °C ~ 150 °C 范围内有良好的线性。但是由于忽略了 $r \ln T$ 项, V_{be} 与 T 仍具有一定的非线性, 所以当要求较高的线性度时, 需要采用适当的线性化措施, 测量精度可达 ± 0.02 °C。PN结的 V_{be} 与温度 T 的关系如图 1 所示。

温度传感器的结构如图 2 所示。采用“芝麻”硅二极管作为温度敏感器件。引线从具有二个孔的瓷管引出, 把瓷管与二极管放入薄壁铜管中, 二极管与铜管中间用硅脂填充, 以保证有好的导热性, 缩短温度传感器的响应时间。该传感器响应时间小于 30 秒。用屏蔽线作为导线。最后将尼龙管子和铜管用环氧树脂胶结。整个温度传感器长为 300 mm, 可装入部分长为 240 mm, 直径为 7 mm。

作为温度敏感器件的二极管, 由于它的离散率很大, 可用率很低, 因此需要进行挑选, 使它们的截距与斜率保持一致, 才能使用显示器的同一刻度。对于计算机多通道温度数据采集系统, 只要知道每个传感器的截距和斜率, 在数据处理时可以进行数值校正, 就能得到实际温度值。测量精度为 ± 0.1 °C。

在制作过程中, 首先以一个温度传感器作为基准, 分别在 0 °C 和 100 °C 水中校正温度测量仪器的读数。然后在 0 °C 水中测量其他温度传感器, 得到的读数为相应传感器的截距 T_{x_0} 。再在 100 °C 水中测量该温度传感器, 得到相应的读数 $T_{x_{100}}$ 。根据这些读数计算该温度传感器的斜率:

$$k = (T_{x_{100}} - T_{x_0}) / 100 \quad (5)$$

二、系统的组成

TA-1 型多通道温度数据采集系统是由温度传感器、温度测量电路、多通道模拟选通开关、MIA-1 型微机化多功能离子分析器(包括通道选择电路、高阻抗放大器、A/D 转换器与计算机接口、60 总线扩展插座等)、PC-1500 袖珍计算机、CE-158 多功能接口、宽行打印机和应用程序等组成, 如图 3 所示。

(一)多通道模拟选通开关 根据需要, 本系统有 36 个测量温度传感器和 1 个室温传感器。模拟选通开关设计为 38 个通道(可以扩充)。

它由数据总线上的数据和地址译码输出来决定选择哪一个通道, 相应温度传感器就接入温度测量电路中。

(二)温度测量部分 由测量电桥、双高阻差分放大器和数字电压表组成, 如图 4 所示。

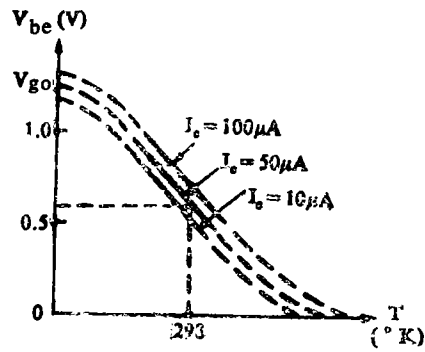


图 1 PN 结的 V_{be} 与温度 T 的关系

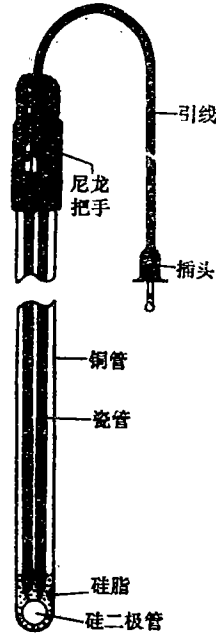


图 2 温度传感器的结构

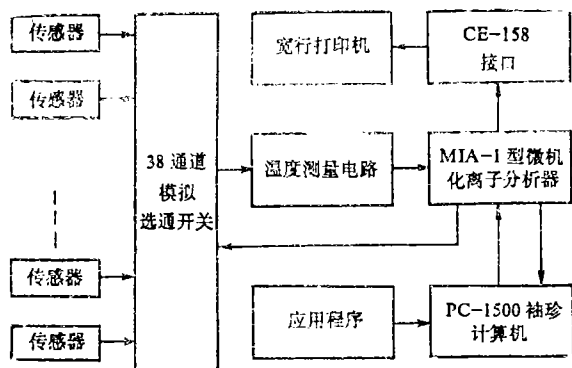


图3 TA-1型多通道温度数据采集系统框图

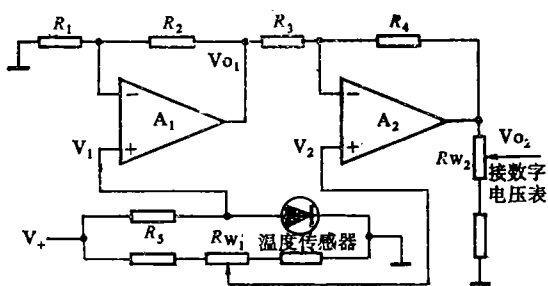


图4 温度测量电路

从式(9)中可见,只要取 $R_1 = R_4$, $R_2 = R_3$, 或者 $R_1/R_2 = R_4/R_3$, 即可得到无穷大的共模抑制比。实际上 CMRR 不可能是无穷大, 而是由电阻的匹配精度决定的。图4中, R_{w1} 为调0℃电位器, R_{w2} 为调100℃电位器。测量电桥的电源电压受环境温度变化要小, 同时 R_5 的阻值要大, 一方面使二极管通过的正向电流要小; 另一方面 R_5 的值足够大以后, 二极管正向电阻的变化, 对电路中电流影响就小, 这样二极管流过的电流可视为恒流。

(三)MIA-1型微机化多功能离子分析器 包含有 A/D 转换器与计算机接口两个部分。A/D 转换器是采用 UP-318A 型四位半数字面板表, 最小读数为 0.1mV, 而测量范围为 $\pm 1999.9\text{mV}$, 且能自动转换极性, 具有动态 BCD 码输出。它是由 ICL7135 大规模集成电路器件组成双积分 A/D 转换器, 具有高的转换精度和好的抗干扰能力, 但转换速度较低(每秒数次), 对于慢变化的温度数据采集完全可以胜任。接口电路包括两个功能, 在应用程序的控制下, 一是把 A/D 转换以后的 BCD 码送入计算机内存; 二是传送计算机对外设的控制, 如通道的选择等。

MIA-1型微机化多功能离子分析器备有60总线扩展插座, 可以使温度数据用宽行打印机打印记录。宽行打印机或其他外围设备通过 CE-158 接口与60总线相联。在没有宽行打印机时, 也可以直接用 PC-1500 袖珍计算机上的窄行四色绘图打印机打印结果。

(四)PC-1500袖珍计算机 考虑到所采集的温度信号是慢变化过程, 程序和数据所占用的内存容量不大, 采用了功能较多、价格便宜的 SHARP PC-1500 袖珍计算机。它可以使用汇编语言和 BASIC 语言, 分析者可以自己修改或开发应用程序。能打印和绘图。计算机关机后, 应用程序和数据能长时间保存在 RAM 内。也可以通过 CE-158 接口与宽行打印

从图4中可以看出:

$$V_{o1} = \frac{R_1 + R_2}{R_1} V_1 \quad (6)$$

$$V_{o2} = \frac{R_3 + R_4}{R_3} V_2 - \frac{R_4}{R_3} V_{o1}$$

$$= \frac{R_3 + R_4}{R_3} V_2 -$$

$$\frac{R_1 + R_2}{R_1} \cdot \frac{R_4}{R_3} V_1$$

(7)

实际上, 常令 $R_1 = R_4$, $R_2 = R_3$

所以输出电压为:

$$V_{o2} = \frac{R_3 + R_4}{R_3} (V_2 - V_1) \quad (8)$$

当 A_1 和 A_2 的开环放大倍数 k_{o1} 和 k_{o2} 足够大时, 它的共模抑制比 CMRR 为:

$$\text{CMRR} = (1 + R_2/R_1) / (1 - R_2/R_1 \cdot R_4/R_3) \quad (9)$$

三、应用程序

应用程序具有通道选择功能、数据采集、干扰值剔除功能，数据处理、打印输出和定时采集数据功能等。主程序流程框图如图 5 所示。程序启动后，首先自动读入各温度传感器的斜率 $B(I)$ 和截距 $A(I)$ 。然后进入人机对话，输入并打印日期、测试者、天气情况、循环或单次、采样间隔时间 T_i 。人机对话以后程序自动进入测试当前的时间 T_A ，选择相应的通道，采集数据，并同时对于干扰值加以剔除，进行每一个传感器的数据处理，自动判别所有温度传感器采集完毕否，如果全部采集完毕，就打印测试时间、室温、天气情况，每一通道的编号和相应通道传感器的温度值，测试当前时间 T_B ，自动判别 $T_B - T_A = T_i$ 否，如果是，就进行第二次数据采集。

各通道采集来的电位数，都要经过数据处理才能得到被测温度的实际值：

$$T(I) = [E(I) - A(I)] / B(I) \quad (10)$$

在系统运行过程中，由于电源的负载投入和切除，在电网中形成瞬时干扰脉冲，使整个系统可能产生数字电压表数字跳动、通道选择电路误动作等，使采集到的数据完全偏离正常值。对于来自电网电压的这种脉冲

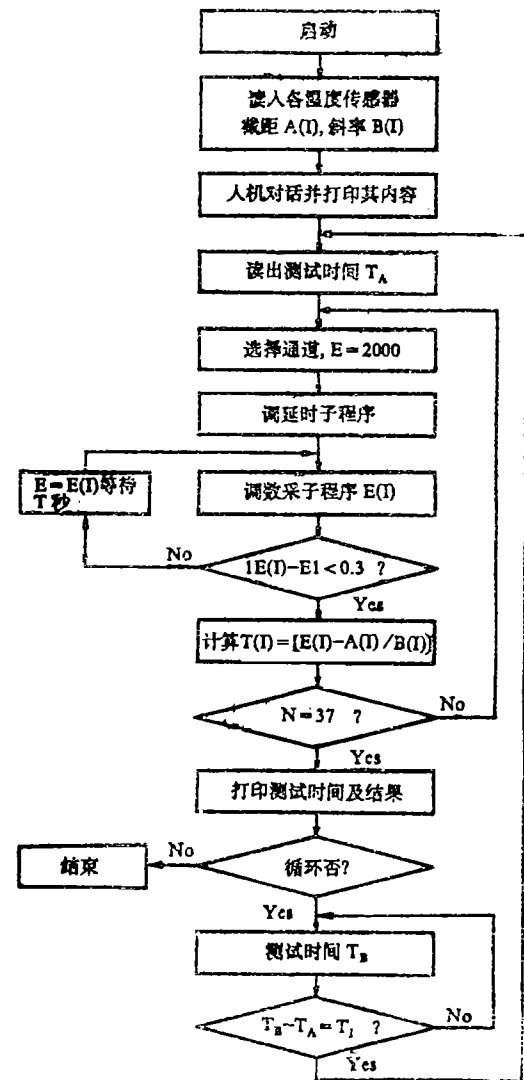


图5 TA-1型多通道温度数据采集系统程序流图

干扰，通常人们采用低通电源滤波器、隔离变压器，加强屏蔽、光电隔离及使用 UPS 不间断电源等，都不能有效地解决干扰问题。而采用干扰值剔除软件则得到非常满意的结果。

干扰值剔除软件的原理是每次采集数据以后，与前一次的数据进行比较，是否小于某一个阈值，如果不满足条件，经过延时以后，再采集新的数据，直至满足这个条件，才把这个数据接受下来。由于脉冲干扰是瞬时的，所以经过延时后再重新采集数据，完全能剔除这种干扰。

本系统输出由 PC-1500 袖珍计算机打印输出结果，也可用宽行打印机打印结果，根据需要格式，编制输出打印程序即可。